

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Kedelai

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dan hormon yang diperlukan oleh suatu tanaman agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Pertumbuhan tanaman kedelai dibagi menjadi dua fase (stadia), yaitu fase vegetatif dan fase generatif (reproduksi). Stadia fase vegetatif dihitung sejak tanaman mulai muncul ke permukaan tanah sampai saat mulai berbunga. Stadia perkecambahan dicirikan dengan kotiledonnya terangkat ke permukaan tanah setelah 1-2 hari biji kedelai ditanam. Setelah 2-3 hari kotiledon muncul di permukaan tanah, kedua lembar daun primer terbuka. Pertumbuhan berikutnya adalah pembentukan daun bertangkai tiga. Penandaan stadia pertumbuhan vegetatif dihitung dari jumlah buku yang terbentuk pada batang utama yang telah memiliki daun terbuka penuh (*unifoliolat*). Stadium ini berlangsung setelah tanaman berumur satu minggu, akar-akar cabang dari sekunder sudah mulai tumbuh. Oleh sebab itu, tanaman perlu hara yang cukup terutama Nitrogen sebagai stater pertumbuhan, fase ini berakhir jika satu bunga telah terbentuk pada batang utama (Adi dan Krisnawati, 2007).

Fase generatif dimulai dengan terbentuknya satu bunga yaitu pada umur 25-35 hst dan diakhiri jika 95% polong telah matang. Warna polong yang telah matang berwarna coklat, sebagian daun menguning dan kering sehingga apabila terlambat panen, daun akan gugur. Jumlah polong bervariasi tergantung dari varietas, kesuburan tanah, dan jarak tanam. Satu batang kedelai yang tumbuh pada tanah yang subur dapat menghasilkan 100-120 polong. Periode kritis tanaman kedelai ialah pada periode pengisian biji. Apabila terdapat gangguan dalam periode ini akan berakibat pada berkurangnya hasil. Salah satu faktor yang mempengaruhi kekurangan hasil tersebut yaitu kebutuhan air yang tidak terpenuhi. Frekuensi irigasi merupakan salah satu faktor penting dalam pengelolaan air dalam rangka peningkatan produksi tanaman (Abdirahman *et al.*, 2014). Hal tersebut juga sesuai dengan pendapat (Sulistiyono *et al.*, 2006) bahwa kekurangan atau kelebihan air pada awal perkembangan polong mengakibatkan lebih banyak bunga, polong yang gugur sedangkan apabila terjadi selama akhir dari stadia pengisian polong mengakibatkan berkurangnya pengisian biji. Oleh

karena itu, jika terjadi defisit air pada tanaman, maka tanaman akan mengalami cekaman yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan produksi. Besarnya evaporasi dari tanah sangat dipengaruhi jenis, tekstur, struktur, dan kandungan bahan organik tanah. Kandungan bahan organik tanah bukan hanya berpengaruh terhadap laju evapotranspirasi tanaman, akan tetapi juga sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, khususnya pertumbuhan vegetatif.

2.2 Fungsi Unsur Hara N, P dan K

Nitrogen (N) ialah unsur esensial bagi tanaman, fungsinya tidak dapat sepenuhnya digantikan oleh unsur lain. Nitrogen diketahui menempati 40-50% plasma kering, berupa unsur kehidupan dalam sel tanaman, dan dibutuhkan dalam jumlah relatif banyak dalam proses pertumbuhan. Nitrogen diambil tanaman dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Di dalam tanah, nitrogen bersifat mobile dan mudah mengalami perubahan bentuk (transformasi). Pada kondisi tertentu ia menjadi tidak tersedia karena terikat atau terfiksasi. Perubahan-perubahan ini umumnya dilakukan oleh jasad mikro tanah. beberapa diantaranya bersifat spesifik, oleh jasad mikro tertentu, pada kondisi aerobik atau anaerobik. Aktivitas jasad, di satu pihak menyediakan N bagi tanaman, tetapi di pihak lain menyebabkan kehilangan N (Syekhfani, 1997).

Pemupukan dimaksudkan untuk menambah ketersediaan unsur hara dan sebagai investasi nutrisi dalam tanah, sebab tanah mempunyai daya sangga untuk menyimpan unsur hara dan menyediakannya kembali secara bertahap (Ispandi, 2004). Biomassa tanaman rata-rata mengandung N sebesar 1-2%. Nitrogen tanah kebanyakan berada dalam bentuk senyawa organik. Perombakan merupakan proses dekomposisi atau mineralisasi senyawa N dari kompleks menjadi lebih sederhana. Proses amonifikasi dan nitrifikasi merupakan mekanisme penyerapan hara ion NH_4^+ dan nitrat NO_3^- merupakan bentuk tersedia bagi tanaman. Sedangkan proses denitrifikasi merugikan karena hilangnya N ke atmosfer berupa gas. Tidak semua ion NO_3^- bermuatan negatif tidak diikat oleh komponen tanah yang kebanyakan bermuatan sama. Pencucian hara seringkali menjadi masalah kesuburan N terutama pada tanah-tanah bertekstur pasir. Namun demikian, tidak berarti bahwa ion NH_4^+ karena ion inipun dapat mengalami fiksasi, yaitu terperangkap diantara lempeng liat tanpa atau dengan ion K^+ (Syekhfani, 1997).

Nitrogen sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar. Tanaman kedelai dapat mengikat nitrogen di atmosfer melalui aktifitas bakteri pengikat nitrogen, yaitu *Rhizobium japonicum*, yang bersimbiosis didalam akar tanaman melalui nodul atau bintil akar. Tanaman kedelai dikenal sebagai sumber protein nabati karena kadar protein dalam biji kedelai lebih dari 40%. Semakin besar kadar protein dalam biji, maka semakin banyak kebutuhan nitrogen sebagai bahan utama protein. Untuk memperoleh hasil biji 2,5 ton ha⁻¹, diperlukan nitrogen sebanyak 200 kg ha⁻¹. Dari jumlah tersebut, sekitar 120-130 kg dipenuhi dari kegiatan fiksasi nitrogen (Bintang dan Lahuddin, 2007). Nitrogen dan fosfor terdapat dalam jumlah sedikit dalam tanah mineral. Lagi pula, sebagian besar dari kedua unsur berada dalam bentuk senyawa yang tidak tersedia bagi tanaman. Senyawa P sederhana secara relatif sukar larut dan sebagai akibatnya, unsur ini sangat kritikal jumlahnya sedikit dan tingkat ketersediaannya rendah (Soepardi, 1993).

Fosfor (P) ialah unsur hara yang penting bagi tanaman setelah nitrogen (N). unsur P sama halnya dengan N, berkaitan erat dengan penyusun bagian penting tanaman seperti asam nukleat pada inti sel. Peran fosfor pada tanaman melalui pengaruhnya terhadap pembungaan, pembentukan buah dan biji, pemasakan tanaman, perkembangan akar dan ketahanan terhadap penyakit. Selain itu, juga berfungsi sebagai penyangga keasaman dan kealkalian sel tanaman. Jumlah fosfor dalam mineral lebih banyak dibandingkan dengan nitrogen tetapi jauh lebih sedikit dari kalium, kalsium dan magnesium. Hampir semua fosfor dalam tanah tidak tersedia bagi tanaman, juga apabila diberikan sebagai pupuk tersedia, fosfor sering kali menjadi tidak tersedia akibat dari fiksasi (Syekhfani, 1997). Unsur P yang terkandung dalam tanah berasal dari bahan organik, pupuk buatan, mineral-mineral dalam tanah. Unsur P sebagian besar berasal dari pelapukan batu mineral alami dan bahan organik. Bentuk P tersedia adalah anion-anion $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, HPO_4^{3-} dan PO_4^{2-} larut dalam cairan tanah. Bentuk-bentuk ion ini sangat ditentukan oleh pH tanah. pada pH rendah, ion $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ dominan, sedangkan pada pH tinggi HPO_4^{3-} (Ayoola dan Maakinde, 2007).

Kalium (K) penting dalam proses metabolisme dalam tanaman, yakni dalam sintesis dari asam amino dan protein dari ion-ion amonium, membantu

potensial osmotik dan pengambilan air yang mempunyai pengaruh pada pembukaan dan penutupan stomata. Kalium termasuk unsure mobile sehingga mudah mengalami pencucian bila kondisi memungkinkan pergerakannya. Sifat mobilitas K ini berhubungan dengan kemudahan pertukaran dengan kation lain dan ketersediannya bagi tanaman. Tingkat pencucian K tinggi merupakan penyebab defisiensi K pada tanah-tanah masam. Kalium ditemukan dalam jumlah banyak didalam tanah, tetapi hanya sebagian kecil yang digunakan oleh tanaman ialah yang larut dalam air atau yang dapat dipertukarkan dalam koloid tanah. Tanaman menyerap K dalam bentuk K^+ , tanaman kedelai menyerap unsur hara K yang paling banyak untuk berpartisipasi dalam biji, terbukti dengan kandungan K_2O sekitar 20 kg pada setiap 1000 kg biji kedelai (Syekhfani, 1997). Perkecambahan kedelai tidak membutuhkan kalium dalam jumlah yang besar, namun tingkat serapannya semakin meningkat pada fase vegetatif dengan kebutuhan kalium terbesar pada fase pengisian biji. Pertanaman kedelai menunjukkan respon yang baik pada pemupukan 100 kg K ha⁻¹ yang diaplikasikan 1/3 saat tanam, 1/3 pada fase inisiasi bunga dan 1/3 pada saat pengisian polong (Hardjowigeno, 1992)

Unsur K sangat penting dalam pembentukan polong dan pengisian biji kedelai disamping sangat penting dalam proses metabolisme dalam tanaman. Hara K memang bukan pembentuk senyawa organik dalam tanaman tetapi unsur K sangat penting dalam proses pembentukan biji kedelai bersama hara P disamping juga penting sebagai pengatur berbagai mekanisme dalam proses metabolik seperti fotosintesis, transportasi hara dari akar ke daun, translokasi asimilat dari daun ke seluruh jaringan tanaman (Novrizan, 2005). Pemupukan berpengaruh positif maupun negatif terhadap struktur tanah. pemberian pupuk yang tepat akan berpengaruh positif pada tanah dan tanaman. Adapun dosis rekomendasi kedelai ialah Urea sebanyak 75 kg/ha + SP₃₆ sebanyak 100 kg/ha + KCl sebanyak 100 kg/ha (Balitkabi, 2007)

Tanaman membutuhkan unsur hara dalam jumlah yang cukup terutama unsur N, P, K serta unsur penunjang lainnya. Secara umum kebutuhan pupuk bagi tanaman ditentukan oleh bagian tanaman yang akan dipanen. Bagian tanaman kedelai yang dibutuhkan adalah biji yang akan dikonsumsi, sehingga tanaman

kedelai membutuhkan unsur P yang cukup agar produksinya berkualitas (Hakim, 1986). Meskipun jumlah P yang diperlukan kedelai relatif lebih kecil dibandingkan N dan K, tetapi pemupukan P dilaporkan dapat meningkatkan hasil tanaman kedelai. Diantara tiga unsur hara penting yaitu N, P dan K, pemberian unsur P sering berpengaruh nyata terhadap hasil kedelai. Kekurangan unsur P menyebabkan pembentukan dan aktivitas bintil akar serta hasil biji tidak maksimal. Kebutuhan pupuk P kedelai yaitu berkisar antara 75-100 Kg/ha (Suhaya *et al.*, 2000). Tanaman kedelai membutuhkan P dalam jumlah besar dimana setiap 2,5 ton biji ha⁻¹ memerlukan 16 kg P ha⁻¹. Periode kebutuhan terbesar pada saat awal pembentukan biji yaitu kurang lebih 10 hari sebelum polong berisi dan berkembang penuh. Jumlah P yang perlu diberikan pada tanaman kedelai adalah 35-59 kg ha⁻¹, setara dengan pemberian pupuk fosfor yang mengandung 36% unsur P sebanyak 100-200 kg ha⁻¹ (Novrizan, 2005)

Apabila tanaman kedelai tidak mendapatkan tambahan hara dari pupuk, maka dalam jangka panjang tingkat kesuburan dan hasil tanaman kedelai di lahan sawah akan semakin rendah. Lahan yang kekurangan hara tanpa disertai gejala dapat dilihat secara visual (Snyder, 2000). Selama ini budidaya kedelai melakukan pemupukan berdasarkan rekomendasi yang bersifat umum yaitu 25-75 kg Urea/ha + 50-100 kg SP36/ha + 50-100 kg KCl/ha (Manshuri, 2010). Padahal kondisi status dan keseimbangan hara N, P, dan K pada masing masing lokasi sangat beragam. Pemupukan N, P, dan K yang bersifat umum tidak efisien dan dapat mempercepat degradasi lahan, dimana dosis pupuk yang diberikan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman dan daya dukung lahan. Oleh karena itu, perlu optimasi pemupukan N, P, dan K yang diberikan harus sesuai dengan target hasil yang ingin dicapai, dengan tetap mempertahankan status kesuburan lahan.

Kebutuhan hara N, P, dan K yang diberikan pada tanaman kedelai didasarkan pada status hara tanah, akan tetapi hanya bagi hara P dan K yang dibuat klasifikasi berdasarkan hasil analisis tanah. Sedangkan untuk status N tanah pada kedalaman 60 cm harus dipertahankan 54-80 kg/ha untuk menjaga pertumbuhan awal agar tanaman mampu menyediakan karbohidrat yang cukup bagi pertumbuhan bakteri penambat N (Manshuri, 2010). Sebaliknya bila pemberian hara N yang berlebihan akan memperpanjang fase vegetatif tanaman.

Selain itu, unsur Nitrogen yang diberikan dalam jumlah minimum dapat memaksimalkan penambatan N oleh *Rhizobium*. Kondisi lingkungan yang menghambat pertumbuhan bakteri penambat N antara lain suhu rendah, kandungan N tinggi, kondisi air (kekeringan maupun genangan), dan pemadatan tanah (Permadi dan Haryati, 2015). Unsur P yang ada dalam kandungan pupuk NPK berperan penting sebagai suplai energi dalam pembentukan bintil akar dan proses penambatan N_2 oleh *Rhizobium*, sedangkan unsur K berperan penting dalam fotosintesis, karena secara langsung dapat meningkatkan pertumbuhan dan indeks luas daun, sehingga asimilasi CO_2 juga meningkat dan berperan dalam meningkatkan translokasi hasil fotosintesis ke bagian akar yang digunakan oleh *rhizobium* (Mulyadi, 2012).

Kekurangan N, pada tanaman muda (fase vegetatif) warna daun hijau pucat dan pada kondisi kekahatan yang parah berwarna kuning pucat, batang lemah dan memanjang. Pada daun tua bagian bawah berwarna kuning dan berguguran sebelum waktunya. Selain itu, pertumbuhan tanaman kerdil, warna batang kemerahan, pertumbuhan polong terhambat, daun mengecil dan berdinding tebal sehingga daun menjadi keras atau kasar dan berserat. Kekurangan P akan menyebabkan daun tua berubah menjadi berwarna gelap dan berubah menjadi kuning dan gugur sebelum waktunya. Batang berubah menjadi berwarna ungu, karena adanya akumulasi antosianin. Selain itu, menghambat pembentukan bintil akar, perkembangan akar, polong dan biji. Sedangkan kekurangan unsur K, terlihat perubahan pada daun tua yaitu timbulnya klorosis diantara tulang daun atau tepi daun. Pada tingkat kekurangan yang parah, klorosis meluas sampai pangkal daun dan hanya meninggalkan warna hijau pada tulang daun, pada tingkat selanjutnya timbul nekrosis tepi daun tua menguning, menggulung ke atas dan selanjutnya mongering (Taufik dan Sundari, 2012).

2.3 Dampak Penggunaan Pupuk Anorganik pada Tanah

Pupuk anorganik memiliki beberapa dampak terhadap lingkungan yang tidak baik, penggunaan pupuk anorganik yang berlebih pada tanah dapat menurunkan kesuburan tanah dengan menurunnya nilai pH tanah. Penggunaan dengan jangka panjang dapat menyebabkan eutrofikasi, pupuk yang mengandung zat seperti nitrat dan fosfat dapat mengakibatkan racun untuk kehidupan aquatic

dengan meningkatkan pertumbuhan ganggang di dalam air dan menurunkan oksigen. Hal tersebut menyebabkan berkurangnya jumlah organisme dalam tanah dan air, hal tersebut menyebabkan mikroba penting yang berfungsi mengurai bahan organik dalam tanah mati dan mengurangi kesuburan tanah (Subowo, 2010).

Penggunaan pupuk anorganik dapat menyebabkan mengerasnya tanah pertanian sehingga berdampak pada pertumbuhan tanaman, yaitu akar sulit menembus kedalam tanah, yang mengakibatkan suplai oksigen kedalam akar berkurang sehingga fungsi akar tidak optimal dan terhambat untuk mendapatkan air dan unsur hara. Dampak lain dari yang dapat terjadi adalah terganggunya kesehatan manusia yang mengkonsumsi produk pertanian yang menggunakan pupuk anorganik karena residu zat kimia yang tertinggal dalam hasil produksi akan menumpuk didalam tubuh manusia (Krenatita 2013). Penggunaan pupuk anorganik pada umumnya dapat meningkatkan produktivitas tanaman yang cukup tinggi. Namun penggunaan pupuk anorganik dalam jangka relatif lama berakibat buruk pada kondisi tanah yang akhirnya akan menurunkan produktivitas tanaman. Menurut Parman (2007) menyatakan bahwa penggunaan pupuk anorganik dapat mengakibatkan tanah cepat mengeras, kurang mampu menyimpan air, dan cepat menjadi masam. Salah satu pengaruh penggunaan pupuk anorganik pada usaha pertanian adalah akumulasi residu unsur-unsur kimia seperti N, P dan K akibat dari pemakaian pupuk anorganik yang berlebihan dan terus-menerus, sekitar 40% Nitrogen, 40%-75% Pottasium, dan 5%-25% Fosfat mengendap dilahan pertanian pada air tanah.

Terdapat tiga problem utama yang mengancam kegunaan pupuk anorganik. Pertama, beberapa organisme hama (terutama serangga) mempunyai kemampuan menjadi kebal terhadap bahan kimia. Ini mengharuskan dalam penggunaan dosis lebih tinggi atau mengusahakan pembuatan bahan kimia baru untuk menggantikan bahan yang tidak efektif lagi. Kedua, beberapa pestisida tidak segera dapat dihancurkan secara biologik, dan cenderung tetap berada dalam lingkungan tersebut untuk waktu yang lama. Hal tersebut akan membuat flora dan fauna tanah akan terganggu, seperti ikan dan satwa lainnya. Ditambah lagi dengan sifat bahan itu yang suka menimbun dalam tubuh organisme. Adanya struktur

kimia dari pestisida yang sangat beragam menyebabkan adanya keragaman yang besar mengenai perangai dari bahan itu dalam tanah. Terdapat lima kemungkinan yang dialami pestisida segera setelah berada dalam tanah yaitu : (1) bahan itu mudah menguap dan hilang ke atmosfer tanpa perubahan kimia (2) bahan tersebut dapat dijerap tanah, semakin besar ukuran molekul pestisida dalam keadaan masam, maka banyak jerapan yang terjadi, (3) bahan tersebut dapat bergerak ke bawah melalui tanah dalam bentuk cairan atau larutan dan hilang bersama air cucian, kecenderungan pestisida tercuci dari tanah erat hubungannya dengan potensinya untuk dijerap, (4) bahan tersebut dapat tereduksi secara kimia di dalam atau permukaan tanah, begitu bahan kimia tersebut menyentuh tanah maka mereka mengalami perubahan kimia yang tidak tergantung dari organism tanah, (5) bahan tersebut dapat dihancurkan oleh jasad mikro (Soepardi, 1993). Diantara cara yang disarankan untuk menekan pengaruh sisa pestisida dalam tanah adalah penambahan bahan organik yang mudah dilapuk.

2.4 Peran Bahan Organik pada Tanah

Bahan organik merupakan bahan-bahan yang dapat diperbaharui, didaur ulang, dirombak oleh bakteri-bakteri tanah menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman tanpa mencemari tanah dan air. Bahan organik tanah merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan hewan yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali. Bahan demikian berada dalam proses pelapukan aktif dan menjadi mangsa serangan jasad mikro. Sebagai akibat, bahan itu berubah terus dan tidak mantab, dan selalu harus diperbaharui melalui penambahan sisa-sisa tanaman atau binatang. Penambahan bahan organik kedalam tanah dapat memperbaiki sifat-sifat tanah dan meningkatkan unsur hara tanah dalam jumlah relatif sedikit. Bahan organik tanah terdiri dari (1) jaringan asli dan bagian baru yang telah mengalami pelapukan, (2) humus, jaringan asli terdiri dari tambahan-tambahan baru yang belum dilapuk, yaitu bagian atas dan akar tanaman (Soepardi, 1993)

Bahan organik diaplikasikan kedalam tanah kemudian terjadi dekomposisi dan pelapukan oleh jasad-jasad mikro menjadi senyawa organik sederhana. Pelapukan tanaman oleh jasad mikro melepas senyawa-senyawa tersebut menjadi bahan organik tanah akan mengalami pelapukan lebih lanjut menjadi humus.

Bahan organik mampu membuat tanah yang tadinya berat menjadi berstruktur remah yang relatif lebih ringan. Pergerakan air secara vertikal atau infiltrasi dapat diperbaiki dan tanah dapat menyerap air lebih cepat sehingga aliran permukaan dan erosi diperkecil. Demikian pula dengan aerasi tanah yang menjadi lebih baik karena ruang pori tanah (porositas) bertambah akibat terbentuknya agregat (Belay, 2001)

Bahan organik tanah merupakan salah satu bahan pembentuk agregat tanah, yang mempunyai peran sebagai bahan perekat antar partikel tanah untuk bersatu menjadi agregat tanah, sehingga bahan organik penting dalam pembentukan struktur tanah. Pengaruh pemberian bahan organik terhadap struktur tanah sangat berkaitan dengan tekstur tanah yang diperlakukan. Pada tanah lempung yang berat, terjadi perubahan struktur gumpal kasar dan kuat menjadi struktur yang lebih halus tidak kasar, dengan derajat struktur sedang hingga kuat, sehingga lebih mudah untuk diolah. Komponen organik seperti asam humat dan asam fulvat dalam hal ini berperan sebagai sementasi partikel lempung dengan membentuk kompleks lempung-logam-humus (Subowo, 2010). Pada tanah pasiran bahan organik dapat diharapkan merubah struktur tanah dari berbutir tunggal menjadi bentuk gumpal, sehingga meningkatkan derajat struktur dan ukuran agregat atau meningkatkan kelas struktur dari halus menjadi sedang atau kasar (Scholes *et al.*, 1994). Bahkan bahan organik dapat mengubah tanah yang semula tidak berstruktur (pejal) dapat membentuk struktur yang baik atau remah, dengan derajat struktur yang sedang hingga kuat.

Tingginya kandungan bahan organik tanah dapat mempertahankan kualitas fisika tanah untuk membantu perkembangan akar tanaman dan kelancaran pergerakan air tanah melalui pembentukan pori tanah dan kemantapan agregat tanah. Salah satu cara yang dilakukan untuk mempertahankan lahan pertanian agar tetap produktif yaitu dengan cara mengembalikan bahan organik ke dalam tanah (Lestari, 2016). Bahan organik merupakan salah satu komponen penyusun tanah yang sangat penting bagi ekosistem tanah, yaitu sebagai sumber ('source') dan pengikat ('sink') hara dan sebagai substrat bagi mikroba tanah. Bahan organik dapat diklasifikasikan ke dalam fraksi-fraksi berdasarkan ukuran, berat jenis, dan sifat-sifat kimianya. Aktivitas mikroorganisme dan fauna tanah dapat membantu

terjadinya agregasi tanah sehingga dapat meningkatkan ketersediaan air tanah dan mengurangi terjadinya erosi dalam skala luas. Pelapukan bahan organik dapat mengikat Al dan Mn oleh asam-asam organik, sehingga dapat memperbaiki lingkungan pertumbuhan perakaran tanaman terutama pada tanah-tanah masam (Hairiah *et al.*, 2000).

Bahan organik yang diberikan berupa kotoran ayam, kotoran sapi dan kompos dapat meningkatkan kandungan C-organik di tanah, pada umumnya bahan organik mengandung unsur hara N, P, dan K serta hara mikro yang diperlukan oleh tanaman. Purnomo dan Purnamawati (2006), menjelaskan bahwa peranan bahan organik terhadap kesuburan tanah antara lain; (1) mineralisasi bahan organik akan melepas unsur hara tanaman secara lengkap (N, P, K, Ca, Mg, S dan unsur hara mikro lainnya) tetapi dalam jumlah yang relatif kecil, (2) meningkatkan daya menahan air, sehingga kemampuan tanah untuk menyediakan air menjadi lebih banyak, (3) memperbaiki kehidupan mikroorganisme tanah.

Bahan organik tanah terdapat dalam berbagai bentuk, yaitu ada yang stabil (lambat lapuk), terikat kuat dengan liat, membentuk agregat tanah yang stabil, dan ada pula yang labil (cepat lapuk) yang strukturnya masih mirip dengan bahan asalnya seperti daun, cabang, akar yang telah mati dan sebagainya. Tanah tertutup hutan sekunder memperoleh masukan rata-rata $10-12 \text{ ton ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$ seresah dari daun dan cabang gugur, serta tambahan dari akar yang membusuk. Untuk tanah pertanian, bahan organik minimal 8 ton ha^{-1} harus diberikan setiap tahunnya, untuk mempertahankan jumlah bahan organik yang diinginkan (misalnya, untuk mencapai kondisi bahan organik tanah sekitar 80% dari kondisi hutan alami dengan tekstur tanah yang sama) (Hairiah *et al.*, 2000).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mencapai kondisi tersebut misalnya: a) Mempertahankan sisa panen dalam petak lahan (misalnya padi dan jagung) atau mengembalikan sisa panen (misalnya kacang tanah), tergantung dari teknik pemanenannya. Jumlah sisa panen tanaman pangan yang dapat dikembalikan ke dalam tanah umumnya berkisar $2-5 \text{ ton ha}^{-1}$. Walaupun jumlah ini tidak dapat memenuhi jumlah minimum kebutuhan bahan organik, namun masih tetap menguntungkan daripada tidak sama sekali b) Pemberian pupuk kandang atau sisa dapur yang telah dikomposkan c) Pemberian pupuk hijau. Penanaman pupuk hijau

hanya mungkin dilakukan untuk jangka pendek setelah panen tanaman pangan. Jika kebutuhan air tercukupi, pangkasan tajuk tanaman penutup tanah dari keluarga kacang-kacangan (*LCC: legume cover crops*) dapat memberikan masukan bahan organik sebanyak 2-3 ton ha⁻¹ (umur 3 bulan), dan 3-6 ton ha⁻¹ jika dibiarkan selama 6 bulan d) Memanfaatkan seresah (daun yang gugur) dari pepohonan yang ditanam di sekitar petak sebagai pagar pembatas, atau dari tanaman pagar dalam sistem budidaya pagar (Abdirahman, 2014)

Pupuk organik dapat memperbaiki pori-pori tanah dan agregat-agregat tanah sehingga drainase dan aerasi tanah menjadi lebih baik dan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara meningkat. Pupuk organik secara kimia berperan sebagai sumber N, P dan K serta unsur hara mikro lainnya dan secara biologi mampu menghidupkan jasad renik sehingga menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Jadi, dengan pemberian pupuk organik dapat meningkatkan persentase polong pada tanaman kedelai (Sutejo, 2002).

2.5 Peranan Paitan sebagai Pupuk Hijau

Paitan (*T. diversifolia*) ialah tumbuhan perdu dari golongan *Asteraceae* yang berasal dari Mexico dan menyebar luas di Amerika Selatan, Amerika Utara, Afrika dan Asia. Paitan ialah tumbuhan semak, yang dapat berfungsi sebagai pembatas lahan atau tumbuh liar ditepi dan berbulu di bagian bawahnya, rasanya pahit sehingga disebut paitan. Bunganya seperti bunga matahari dengan ukuran lebih kecil. Perkembangbiakannya dari biji atau stek batang (Jama *et al.*, 2000). Paitan dikenal sebagai tumbuhan liar yang sangat agresif membentuk koloni sehingga menjadi gulma bagi tanaman budidaya (Chukwuka *et al.*, 2007), tetapi kemudian diketahui bahwa paitan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hijau (Opala *et al.*, 2009; Crespo *et al.*, 2011). Daun paitan kering mengandung 3.5-4.0% N, 0.35-0.38% P, 3.5-4.1% K, 0.59% Ca, dan 0.27% Mg sehingga hijauan paitan berpotensi sebagai sumber hara N, P, K bagi tanaman (Hartatik, 2007). Unsur-unsur hara ini merupakan unsur hara esensial yang berperan penting bagi tanaman. Sesuai dengan pernyataan Damanik *et al.* (2010), yang menyatakan bahwa nitrogen berperan dalam pertumbuhan tanaman dan membangun sel-sel baru, fosfor berperan dalam pembentukan bunga, buah dan biji serta kalium

dibutuhkan untuk pembentukan pati dan translokasi hasil-hasil fotosintesis seperti gula.

Pemanfaatan paitan sebagai sumber hara selain berupa pupuk, paitan juga dapat digunakan sebagai pakan ternak maupun tanaman pagar. Selain itu paitan dapat digunakan sebagai pupuk hijau, jika daun dan batang lunaknya dimasukkan kedalam tanah maka selama proses dekomposisi mengeluarkan asam-asam organik yang membantu melepaskan unsur P dari ikatan alofan dan selanjutnya unsur P tersebut akan dimanfaatkan oleh tanaman. Kandungan hara N cukup tinggi yang terdapat dalam paitan diharapkan dapat diserap tanaman dan mempercepat tumbuhan. Handayanto (2004) mengemukakan bahwa paitan mengandung lignin dan polifenol yang cukup rendah dengan kadar lignin dan polifenol tumbuhan sekitar 5,38 % dan 2,8 % sehingga tumbuhan ini mudah terdekomposisi. Namun konsentrasi hara pada akar lebih rendah yaitu N 1,3% ; P 0,08 ; dan K 0,5% (Rudi, 1999).

Dekomposisi mikroorganisme bahan organik oleh tanah memainkan peran kunci dalam menyediakan organik terikat nutrisi tanaman, diatur oleh kualitas input organik (Rasche dan Cadish, 2013). Dalam hal ini, bahan organik seperti paitan (C/N rasio : 13, Lignin : 8,9%, Polifenol : 1,7%) dapat mempercepat dekomposisi bahan organik tanah (Muema *et al.*, 2016). Penggunaan bahan organik dalam menetralkan unsur-unsur logam sudah lama dianjurkan terutama pada lahan-lahan pertanian. Proses dekomposisi bahan organik, menghasilkan asam-asam organik yang berperan dalam meningkatkan daya penyerapan tanah seperti menjerat (*fixation*), mengkhelat (*chelation*) atau membentuk senyawa kompleks bersama ion-ion logam (Rasche dan Cadish, 2013). Bahan organik yang dapat digunakan sebagai alternatif adalah Paitan yang mengandung asam-asam organik seperti asam sitrat, oksalat, suksinat, asetat, malat, butirat, propionat, phtalat dan benzoat (Hartati, 2004).

Kelebihan lain dari biomassa paitan adalah mempunyai kadar unsur K lebih tinggi daripada *Centrosema pubescens* dan *Calopogonium mucunoides*. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Barus, 2005 (dalam Hartatik, 2015) menunjukkan bahwa daun *Calopogonium mucunoides* mengandung 2.47% N, 0.23% P, 0.75% K sedangkan daun *Centrosema pubescens* mengandung 3.49%,

0.36% P, 1.05% K. Berdasarkan penelitian Kurniansyah (2010) menunjukkan bahwa kandungan daun paitan adalah 3.06% N, 0.25% P, dan 5.75% K dan menyebabkan intensitas serangan hama dan patogen yang lebih rendah serta produksi kedelai yang lebih tinggi pada tanaman yang mendapat paitan dibandingkan yang mendapat *Centrosema pubescens*. Percobaan ini juga memperlihatkan bahwa, dengan jumlah yang sama, waktu yang dibutuhkan untuk dekomposisi tajak paitan lebih singkat daripada untuk *Centrosema pubescens*. Hal tersebut karena tekstur daun paitan yang lembut mengakibatkan laju dekomposisi yang cepat dengan proses pelepasan N terjadi mulai seminggu dan pelepasan P dua minggu setelah biomassa paitan dimasukkan ke dalam tanah sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama untuk sampai terurai atau terdekomposisi.

Penggunaan paitan sebagai pupuk organik mempunyai beberapa keunggulan, yaitu : 1). Pemanfaatan pangkasan paitan sebagai mulsa, disebarkan di permukaan tanah sebagai penutup tanah mampu mengendalikan gulma, di samping fungsi utamanya mengurangi penguapan air tanah dan mengurangi fluktuasi suhu tanah. Mulsa paitan cepat mengalami dekomposisi dan haranya terdaur ulang, sehingga menambah kesuburan tanah. 2). Pemanfaatan pangkasan paitan sebagai bahan kompos. Pemberian kompos penting bagi perbaikan sifat fisik, kesuburan kimiawi (peningkatan kadar N, P, K, dan Mg tanah) dan peningkatan kehidupan biota tanah, sehingga meningkatkan kualitas tanah. 3). Pemanfaatan pangkasan paitan sebagai pupuk hijau dan substitusi pupuk anorganik. 4). Tumbuhan paitan dapat menghasilkan biomasa yang tinggi, yaitu 1,75- 2,0 kg/m²/tahun (Cong, 2000). Berdasarkan penelitian Purwani (2011), paitan mengandung 2,7-3,59% N; 0,14-0,47% P; dan 0,25-4,10% K, sehingga pemberian kompos paitan dapat mengurangi penggunaan dosis pupuk anorganik. 5). Daun paitan kering mengandung N 3,50-4,00%, P 0,35-0,38%, K 3,50-4,10%, Ca 0,59%, dan Mg 0,27%. Pupuk hijau dari paitan juga dapat mensubstitusi pupuk KCl (Hartatik, 2007).

2.6 Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik dan Anorganik

Pemberian pupuk organik yang dipadukan dengan pupuk anorganik dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan efisiensi penggunaan pupuk, baik pada lahan sawah maupun lahan kering. Lombin *et al.* (1991) mengemukakan bahwa

penggunaan pupuk organik dikombinasikan dengan pupuk anorganik merupakan strategi pengelolaan lahan kering yang dapat meningkatkan produktivitas tanah, hasil tanaman dan mengurangi dosis penggunaan pupuk anorganik. Hasil yang tinggi secara berkelanjutan dapat dicapai jika pemupukan NPK dikombinasikan dengan penggunaan bahan organik (Bayu *et al.*, 2006). Respon tanaman terhadap aplikasi pupuk anorganik sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik di dalam tanah (Belay *et al.* 2001) dan terdapat interaksi positif pada penggunaan pupuk organik dan pupuk anorganik secara terpadu (Sarawa, 2014).

Pemberian pupuk organik dan anorganik dapat memberikan pertumbuhan dan hasil yang optimal dibandingkan tanpa pemberian pupuk organik. Panen tanaman padi sawah meningkat dari kombinasi urea dan azolla. Penggunaan azolla bersama dengan pupuk N menunjukkan peningkatan serapan pada N, mengurangi kehilangan N dan memperbaiki sifat-sifat tanah (Sulistiyono *et al.*, 2006). Penambahan pupuk hijau dalam waktu singkat belum dapat meningkatkan produktivitas tanaman sehingga perlu dilakukan pengolahan terpadu dengan memadukan pemberian pupuk hijau dengan pupuk anorganik. Penelitian Magdalena *et al.*, (2013) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk anorganik 75% dengan pupuk hijau *C. juncea* 20 ton ha⁻¹ dapat mengurangi kebutuhan pupuk anorganik 100%. Seperti yang ditunjukkan pada penelitian Yuliana *et al.*, (2013) bahwa pupuk hijau *C. juncea* sebesar 10 ton ha⁻¹ dan 20 ton ha⁻¹ sama-sama nyata lebih tinggi meningkatkan bobot biji 100 biji tanaman jagung dibandingkan tanpa menggunakan pupuk hijau. Penambahan bahan organik berupa pupuk hijau ke dalam tanah juga dapat meningkatkan sifat fisik tanah dan biologi tanah. Pemadatan tanah menghambat pertumbuhan akar tanaman. Penggunaan pupuk organik sebanyak 20 ton ha⁻¹ yang dikombinasikan dengan pupuk N 200 kg ha⁻¹, P 200 kg ha⁻¹, dan K 100 kg ha⁻¹ memiliki hasil bobot biji kering jagung yang tidak berbeda nyata dengan penggunaan pupuk organik 20 ton ha⁻¹ yang di kombinasikan dengan pupuk N 300 kg ha⁻¹, pupuk P 300 kg ha⁻¹, dan pupuk K 150 kg ha⁻¹ (Rachman, 2008).

Pada Penggunaan kombinasi pupuk hijau *Azolla* dan *Sesbania* serta pupuk urea 100 kg ha⁻¹ pada tanaman padi varietas cilosari dapat meningkatkan produksi gabah dan ketersediaan N yang tidak berbeda nyata dengan pengaplikasian pupuk

urea 200 kg ha⁻¹ (Haryantoet *al.*, 2004). Selain *Azolla* dan *Sesbania* tanaman yang bisa digunakan sebagai pupuk hijau ialah *T.diversifolia*. Penggunaan *T.diversifolia* dengan dosis 20 ton ha⁻¹ mampu meningkatkan hasil tanaman jagung dibandingkan dengan penggunaan bokhasi dengan dosis 15 ton ha⁻¹ (Yuliana *et al.*, 2013). Selain itu didukung oleh hasil penelitian Khairatun (2013) bahwa pengaplikasian 1/2 dosis rekomendasi pupuk anorganik dengan kompos kotoran ternak, kompos jerami, dan petroorganik sebanyak 4 ton nyata menghasilkan lebih tinggi daripada penggunaan pupuk sesuai dosis rekomendasi. Pernyataan tersebut juga didukung oleh penelitian Supriadi (2004) bahwa pemberian paitan 100% (11,66 ton ha⁻¹) belum mampu menyamai pemberian phonska 100% (360 kg/ha), namun dengan mengkombinasikan antara 50% phonska (180 ton/ha) + paitan 50% (5,83 ton⁻¹) mampu memberikan gabah kering panen yang lebih tinggi daripada pemberian phonska saja atau paitan saja. Hal ini mengindikasikan bahwa pada imbangannya tersebut diperoleh ketersediaan hara yang cukup, dan ditunjang dengan perbaikan sifat tanah lainnya, seperti pH, kandungan C-organik dan KTK tanah, yang akan mempengaruhi produktivitas tanah.